

高温負荷を受けた連続繊維シート剥落防止工の付着性

(国研) 土木研究所 正会員 ○櫻庭浩樹 西崎到

1. はじめに

連続繊維シートは、道路トンネル等を対象としたコンクリート剥落防止工に適用されている。剥落防止工として連続繊維シートを用いる場合、剥落抵抗性（押抜き抵抗性）や付着性が求められる。

道路トンネルにおいては、車両火災の発生により、トンネル覆工コンクリートが高温負荷を受ける可能性がある。火災による高温負荷を受けたコンクリートの外観変化や物性の変化等については、ガイドブックとしてまとめられている¹⁾。また、トンネル覆工コンクリートの火害を防止するための耐火工設計施工指針(案)も発刊されている²⁾。しかし、剥落防止工として適用された連続繊維シートが、火災による高温負荷を受けた場合の挙動については、明らかにされていない。火災後の連続繊維シートの補修の可否を判断するためには、高温負荷後の外観や付着性の変化を把握しておくことが重要である。

本研究では、火災によって 350℃程度まで温度が上昇した場合を想定し、高温負荷を受けた連続繊維シートの付着性について検討した。

2. 試験方法

供試体は、モルタル板に連続繊維シート（炭素繊維シートにエポキシ樹脂系接着剤を含浸）を接着したものとした。モルタル板は、JIS R5201 に準拠したもの（重量比でセメント 1、標準砂 3、水セメント比：0.5）とし、寸法は 7×7×2cm とした。炭素繊維シートは、二方向で目付量 200g/m² のものを一層用いた。また、耐火被覆の効果を検討するため、ポリマーセメントモルタルを連続繊維シートに塗布した供試体も作成した。

連続繊維シートと耐火被覆の仕様を表-1 に示す。施工は 20℃の室内で行い、各材料の施工間隔は 1 日とした。耐火被覆については、施工後 14 日以上養生した。供試体の数量は加熱条件に対して 3 体ずつとし、供試体の名称は、「加熱温度（℃）－ 供試体 No. (1～3)」とした。

供試体の加熱は、オーブンをを用いて行った。加熱時間は、「建築物の非耐力壁の延焼の恐れが無い部分に求められる要求耐火時間」を参考に 30 分とした³⁾。オーブン炉内の温度は、熱電対を用いて測定した。30 分間の炉内平均温度を供試体の加熱温度とし、120℃、200℃、290℃とした。なお、360℃の条件でも加熱したが、供試体が炭化したため、約 15 分程度で中止した。30 分間の加熱後、オーブンから供試体を取り出して室温まで冷却した後、外観変化を記録し、色差計を用いて加熱前の供試体の色を基準とした色差を測定した。次に、付着強さ試験を JSCE-K 524-2013 に基づいて行った（図-1）。载荷は変位制御型万能試験機により行い、载荷速度は 0.5mm/min とした。载荷後、付着強さと破壊部位の面積率を求め、破壊部位は図-1 に示すように区別した。

3. 試験結果と考察

加熱後の供試体の外観変化の例を表-2 に示す。耐火被覆無し供試体では、200℃までは加熱前と同様であるが、

表-1 連続繊維シートと耐火被覆の仕様

種類		主成分	標準塗布量 (kg/m ²)
連続繊維シート	プライマー	エポキシ系	0.2
	パテ	エポキシ系	1.0
	含浸樹脂	エポキシ系	0.6
耐火被覆材	プライマー	エポキシ系	0.2
	ポリマーセメントモルタル	アクリル系ポリマーセメント	20.9

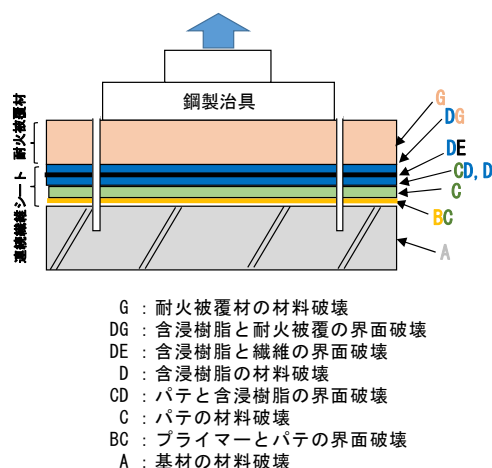


図-1 付着強さ試験の概要と破壊部位の区別

表-2 加熱後の供試体の外観変化の例

種類	加熱前	120℃	200℃	290℃	360℃*
被覆無し					
被覆有り					

※加熱約 15 分で中止。

キーワード 高温負荷、連続繊維シート、剥落防止工、付着性

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL:029-879-6763

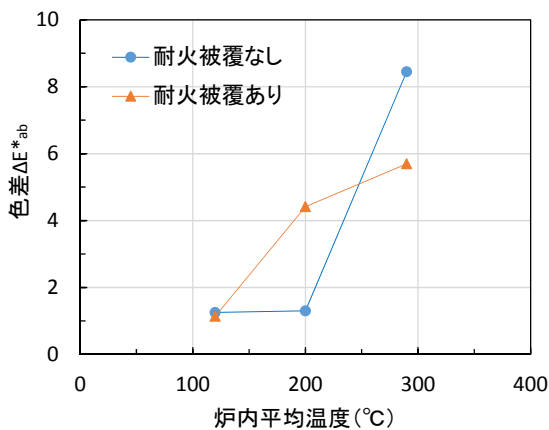


図-2 加熱後の色差の変化

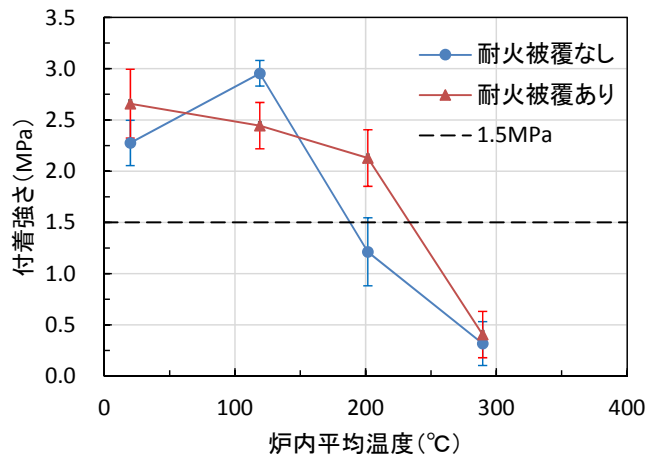
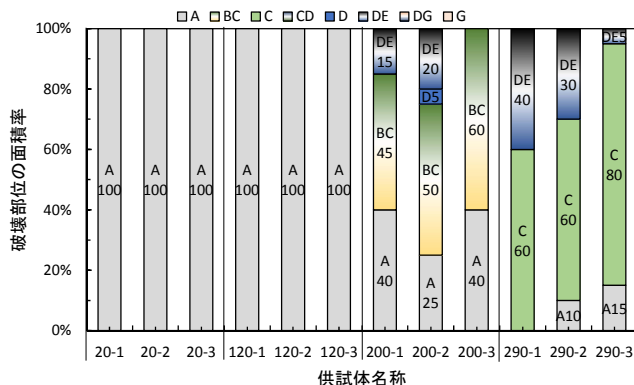
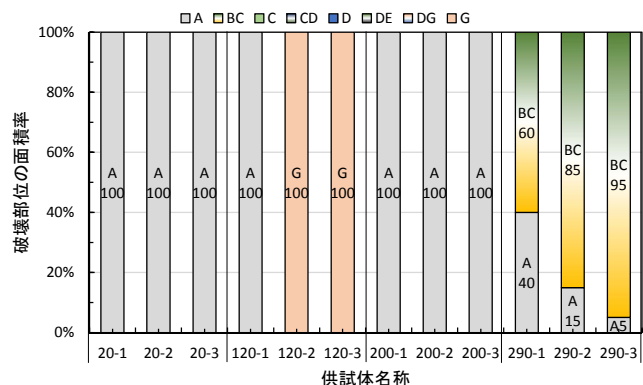


図-3 付着強さと加熱温度の関係



a) 耐火被覆無し



b) 耐火被覆有り

図-4 破壊部位の面積率（供試体名称：加熱温度(°C)－供試体 No.）

290°Cで黒色に変化し、加熱 15 分で中止した 360°Cでは炭化した。耐火被覆有り供試体では、200°Cでやや白色化し、290°Cで薄黄色、360°Cで茶色に変化した。次に、加熱後の色差（ ΔE_{ab}^* ）の変化を図-2 に示す。被覆無し供試体では、200°Cまでは 1.5 程度であるが、290°Cで急激に変化した。耐火被覆有り供試体では、200°Cで 4 程度、290°Cで 6 程度となり、耐火被覆無し供試体と比較して加熱温度が上昇するにつれて色差が大きくなった。

図-3 には、付着強さと加熱温度の関係を示す。また、付着強さ試験後の破壊部位の面積率を図-4 に示す。耐火被覆無し供試体では、加熱温度が 200°Cを超えると付着強さが 1.5MPa を下回り、破壊部位は連続繊維シートの界面破壊あるいは材料破壊となった。耐火被覆有り供試体では、200°Cまでは 1.5MPa を上回り、破壊部位は基材あるいは耐火被覆の材料破壊である。よって、200°Cまでは耐火被覆の効果があると考えられる。しかし、290°Cに達すると付着強さは 0.4MPa 程度となり、連続繊維シートの界面破壊が生じる結果となった。

耐火被覆無し供試体については、200°Cで加熱した場合、外観および色差の変化は確認できなかったが、付着強さは低下し、連続繊維シートの界面破壊あるいは材料破壊が生じる結果となった。よって、200°C程度の温度負荷を受けた場合、外観の変化が小さい場合でも付着性が低下する可能性があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、モルタル板に連続繊維シートを接着し、さらにポリマーセメントモルタルによる耐火被覆を塗布した供試体を加熱時間 30 分として温度負荷を与え、加熱後の外観、色差、付着強さおよび破壊部位について検討した。その結果、外観と色差の変化が小さい場合でも、200°C程度の温度負荷を受けた場合には、連続繊維シートの付着性が低下する可能性があることを示した。また、200°C程度までは耐火被覆の効果が確認され、連続繊維シートの付着性の低下を防ぐことができた。

参考文献

- 1) 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック，日本建築学会，2017
- 2) 土木学会：トンネル構造物のコンクリートに対する耐火工設計施工指針（案），コンクリートライブラリ 143，土木学会，2014
- 3) 日本火災学会：火災便覧第 3 版，pp.904-905，共立出版，1997